ÜBER

DAS AUFTRETEN UND DAS VERHALTEN DER SALPETERSÄURE IN DEN PFLANZEN.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

VORGELEGT DER

PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT

DER

FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN

AM 4. JUNI 1889

VON

JOHANNES SERNO

AUS COTTBUS.

BERLIN.
VERLAG VON PAUL PAREY.
Verlagshandlung für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.
SW., 10 Hedemannstrasse.
1889.

Arbeiten aus dem pflanzenphysiologischen Institute der Königlichen landwirthschaftlichen Hochschule in Berlin.

XV. Ueber das Auftreten und das Verhalten der Salpetersäure in den Pflanzen.

Von

Dr. phil. **Serno.**

Die Stickstoffaufnahme der Pflanzen hat schon vielfach Veranlassung gegeben zu Untersuchungen seitens der Chemiker und Pflanzenphysiologen, die zu recht verschiedenen Resultaten geführt haben.

Ueberblicken wir die Litteratur, welche die Grundlage dieser Arbeit legt, so ist zunächst LIEBIG's [1]) Thätigkeit auf diesem Gebiete erwähnungswerth. Er nimmt an, dass Ammoniak der einzige Bestandtheil sei, welcher den Pflanzen assimilirbaren Stickstoff liefert und stützt seine Ansicht auf theoretische und experimentelle Gründe; unter den letzteren auf die Thatsache, dass die Stickstoffaufnahme der Pflanzen in Folge von Ammoniak-Düngungen auf das Bestimmteste erhöht werden.

Diese Behauptungen veranlassten andere Forscher sich eingehender mit der Stickstoffaufnahme der Pflanzen zu beschäftigen, und sie lieferten den Beweis, dass LIEBIG's Ansicht unvollkommen resp. nicht richtig sei.

So finden wir bei BOUSSINGAULT [2]), dass Erhöhung der Stickstoffaufnahme der Pflanze auch dann eintritt, wenn ein künstlich gemischter Vegetationsboden ein salpetersaures Salz als einzige Stickstoffquelle enthält. Ein Beweis dafür, dass Salpetersäure allein den gesammten Stickstoffbedarf der Pflanze liefern kann. Diese Ansicht bestätigte sich auch bei Wasserkulturversuchen mit künstlich zusammengesetzten Nährstofflösungen.

BOUSSINGAULT [3]) behauptet auf Grund seiner weiteren Untersuchungen, dass Nitrate und Ammoniaksalze sogar die einzigen Verbindungen seien, die der Pflanze assimilirbaren Stickstoff zuführen. Spätere Beobachtungen erwiesen jedoch, dass auch andere organische Stickstoffverbindungen der Pflanzen für ihre Ernährung von Nutzen sind bei Abwesenheit von Nitraten und Ammoniaksalzen. Sicher steht fest, dass BOUSSINGAULT die grösste Bedeutung der salpetersauren Salze bei der Ernährung der Pflanze zuerst erkannt hat.

1) LIEBIG, Organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie. 4. Auflage. 1882.

2) BOUSSINGAULT, Agronomie. I, S. 154.

3) BOUSSINGAULT, Comptes rendus. T. 48, S. 298 u. 307.

Dass Salpetersäure in lebenden Pflanzen vorkommt, ist von mehreren Forschern erkannt und theils makrochemisch, theils mikrochemisch beobachtet worden.

FRUEHLING und GROUVEN [1]) fanden in den verschiedenen Entwickelungsstadien den Gehalt an Salpetersäure ungleich; während der Blüthe soll die Ansammlung am grössten sein, dagegen zur Zeit der Fruchtreife eine bedeutende Verringerung eintreten. H. und E. SCHULZE [2]) vermissten Salpetersäure in den reifen Getreidekörnern, während sie in den Pflanzentheilen vorhanden war.

SOROKIN [3]) hat durch quantitative Bestimmungen nachgewiesen, dass bis zur Zeit der Fruchtbildung die Mengen der Salpetersäure sich vergrössern, dagegen sich nachher stark verringern. Beim Buchweizen hat er diese Verhältnisse genauer beobachtet.

Die Vertheilung der Salpetersäure nach den Organen fand er in allen Perioden gleich. Die grösste Anhäufung fand sich in den Stengeln, besonders den unteren Internodien; es folgten die Blattstiele, dann die Wurzeln, und die geringsten Mengen enthielten die Blattspreiten, was SOROKIN mit der Assimilation der Salpetersäure in den Blättern erklärt.

EMMERLING [4]) fand, dass die Wurzeln und Stengel der Vicia faba Salpetersäure enthielten, dagegen traf er sie nicht in Blüthen, Früchten und Samen.

BERTHELOT und ANDRÉ [5]) behaupten, im Stengel sei stets eine grössere Menge Salpetersäure als in der Wurzel, dagegen in den Blättern noch weniger als in dieser. Während der Blüthezeit ist der Nitratgehalt am grössten, nimmt dann aber ab, um nach der Fruchtreife wieder zu steigen, ohne die Höhe während der Blüthe zu erreichen.

BORODIN [6]) und MONTEVERDE [7]) erkannten bei der Behandlung von Pflanzenschnitten mit Alkohol die Anwesenheit von Salpeter an der Bildung mikroskopischer Kristalle in den Zellen. MONTEVERDE giebt an, dass in einigen Spezies der von ihm untersuchten Pflanzen Salpeter in den unteren Organen sich anhäufe, während er bei anderen, wie Lamium, Galeopsis, Mirabilis, Achillea und Epilobium, im Stengel resp. in den Blättern die grösste Menge Salpeter nachwies, doch niemals im Blattparenchym, woraus er schliesst, dass dort die Salpetersäure assimilirt werde.

All' diese Untersuchungen und Beobachtungen mit Ausnahme der LIEBIG'schen führten zu der Annahme, dass die von den Wurzeln aus dem Erdboden aufgenommenen Nitrate in der Pflanze nach oben geleitet und dort zu organischen Stickstoffverbindungen verarbeitet werden, um als solche nach den Verbrauchsorten zurückzuwandern.

Dieser Ansicht schliesst sich FRANK [8]) nicht an. Ich lasse die wichtigsten seiner Resultate folgen.

---

1) FRUEHLING und GROUVEN, Landwirthschaftliche Versuchsstationen, 8. Band, S. 471 und 2. Band, S. 9 und S. 150.

2) H. und E. SCHULZE, Landwirthschaftliche Versuchsstationen, 9. Band, S. 444.

3) SOROKIN, Botanischer Jahresbericht, Jahrgang 1875, S. 871.

4) EMMERLING, Landwirthschaftliche Versuchsstationen, 24. Band, S. 136.

5) BERTHELOT und ANDRÉ, Compt. rendus, T. XCVIII, Nr. 25 und T. XCIX, Nr. 8—17.

6) BORODIN, Sitzungsbericht der botanischen Sektion der St. Petersburger Naturforscher-Gesellschaft, 1884.

7) MONTEVERDE, Arbeiten der St. Petersburger Naturforscher-Gesellschaft, 1882, VII, Theil II.

8) B. FRANK, Ueber Ursprung und Schicksal der Salpetersäure in der Pflanze. Sitzungsbericht der deutschen botanischen Gesellschaft, Jahrgang 1887, Band V, Heft 10.

FRANK hat zunächst bewiesen, dass die Pflanzen und selbst die echten Salpeterpflanzen nur dann Nitrate in ihrem Körper enthalten, wenn solche den Wurzeln zur Aufnahme geboten sind. Ferner, dass die Pflanzen nicht befähigt sind, weder im Lichte noch im Dunkeln aus Ammoniak auch nur eine Spur von Salpetersäure selbst zu bilden, dass also die oft in bedeutenden Mengen in den Pflanzen vorhandenen Nitrate nur aus jener Quelle und weder aus freiem Stickstoff der Luft, noch aus dem in der letzteren enthaltenen geringen Beimengungen von Ammoniak stammen. FRANK hat weiter beobachtet, dass bei den von ihm untersuchten Pflanzen (Phaseolus, Helianthus, Pisum) während der Vegetationsperiode weit mehr Salpetersäure aufgenommen, als gleichzeitig zum Aufbau neuer Organe gebraucht wird und dass der Ueberschuss in Form unveränderten Nitrates aufgesammelt und aufgespeichert wird in allen Organen, welche der Pflanzenkörper während dieser Zeit als hierzu geeignet zur Verfügung hat. Da nun Zellen mit grossem Saftraum geeignet sind, dass sich in ihrem Safte Nitrate lösen, so sind die Parenchymzellen der Wurzeln, das Rinden- und Markparenchym der Stengel, Blattstiele und Blattrippen die Organe der vorübergehenden Speicherung der Nitrate bis zur Zeit der Fruchtreife, wo der hohe Bedarf an Stickstoff durch diesen Vorrath gedeckt wird.

FRANK's Untersuchungen haben schliesslich festgestellt, dass die von der Pflanzenwurzel aufgenommene Salpetersäure *nicht* im grünen Blattparenchym assimilirt wird, sondern, dass in sämmtlichen Organen der Pflanze, welche von Gefässbündeln durchzogen sind, diese Assimilation mit den in den Parenchymzellen dieser Theile vorhandenen Nitraten erfolgen kann.

In der vorliegenden Arbeit will ich die Resultate meiner Untersuchungen „Ueber das Auftreten und Vorhandensein der Salpetersäure in den Pflanzen, sowie über deren Veränderung resp. Umwandlung in organische Stickstoffverbindungen“ mittheilen.

Im Nachstehenden gehe ich zunächst dazu über, eine Besprechung über Vorhandensein der Salpetersäure in den einzelnen Pflanzenfamilien der Reihe nach zu geben. Das zu dieser Beobachtung nothwendige Material an Pflanzen wurde dem hiesigen Botanischen Garten entnommen, welcher mir bereitwilligst zur Verfügung gestellt ward. Es folgt zunächst eine Uebersicht über das Vorhandensein der Salpetersäure nach Standorten und über das Verhalten derselben nach Vegetationsperioden.

An die Besprechungen über Vorhandensein und Verhalten der Salpetersäure werden sich sodann eine Zusammenfassung über die Geschwindigkeit der Salpeter-Aufnahme und endlich Beobachtungen über die Veränderungen der Salpetersäure in den Pflanzen anschliessen.

Methode der Untersuchung.

Zum Nachweis der Salpetersäure in Pflanzenschnitten bediente ich mich einer Auflösung von Diphenylamin in konzentrirter Schwefelsäure im Verhältniss 1 : 50 gelöst, welche seiner Zeit von MOLISCH als Reagens auf Salpeter-

säure in Pflanzen eingeführt, nachdem es zuvor bereits zum Nachweis von Salpetersäure in Brunnenwässern benutzt wurde. FRANK erwähnt, dass die Blaufärbung, welche bei Anwesenheit von Nitraten oder Nitriten mit diesem Reagens hervorgerufen wird, von keinem anderen der gewöhnlichen Pflanzenstoffe verursacht und von keinem verhindert wird.

I. Auftreten der Salpetersäure nach Pflanzenfamilien.

Bevor ich zu der Aufzählung der einzelnen Pflanzen, nach Familien geordnet, übergehe, schicke ich voraus, dass, wie FRANK und Andere bereits erwähnt, Samen absolut frei von Salpetersäure sind. Nicht in einem einzigen von etwa hundert untersuchten Samen waren auch nur Spuren von Salpetersäure zu finden.

Systematisch geordnet, folgen die einzelnen Pflanzen der Reihe nach, welche auf ihren Salpeterbefund während der üppigsten Entwickelungsperiode untersucht wurden.

Papilionaceae.

Medicago sativa. Die Faserwurzeln enthielten reichlich Salpetersäure, die Leitwurzeln nur Spuren. Im Stengel trat eine Hellblaufärbung mit dem Reagens ein, nur dort, wo die Seitenzweige mit dem Stengel sich vereinten, war eine bedeutend dunklere Färbung wahrzunehmen. Auch im Blattstiel und in den Blattrippen trat eine Blaufärbung auf.

Ononis repens. In Faser und Leitwurzel, wie im Stengel und an der Verzweigung war die gleiche Reaktion wie bei Medicago festzustellen. Im verholzten Stengel fanden sich nur Spuren, dagegen war in den oberen jüngeren Organen wieder eine intensivere Blaufärbung sichtbar.

Ononis spinosa. Die Untersuchung zweier Exemplare von verschiedenem Alter lehrte, dass der Salpetersäuregehalt in den verschiedenen Organen ungleich war.

Die erste Pflanze war etwa 15 *cm* gross und sehr zart, einjährig, aus einem Samen gezogen. Alle ihre Organe, mit Ausnahme des Blattparenchyms, enthielten sehr viel Salpetersäure. Das zweite Exemplar war ein mehrjähriges, hatte bereits einen verholzten Stengel, was bei dem ersten nicht der Fall war, und eine Höhe von etwa 40 *cm*. Hier blieb die Reaktion in der Hauptwurzel und im verholzten Stengel aus, selbst dort, wo die Nebenzweige in den verholzten Stengel eintraten. Dagegen zeigte sich in den oberen zarten Organen ganz besonders da, wo die Blattstiele in den Stengel eintraten, eine sehr dunkle Blaufärbung. In den Faserwurzeln enthielten beide Exemplare Nitrat.

Lupinus polyphyllus. Bei den Faserwurzeln war ein Unterschied zu machen zwischen kleinen weissen diesjährigen Ansätzen und älteren, braun aussehenden Wurzeln. Die ersteren ergaben eine ganz bedeutende Blaufärbung, die letzteren enthielten auch nicht eine Spur Salpetersäure. Ausser in der Hauptwurzel, in deren Rindentheilen sich noch Spuren befanden, waren solche noch zu finden an der Stelle, wo die Laubblätter sich vom Stengel trennten.

Astragalus albicaulis. Diese Spezies gehört zu den reichen Salpeterpflanzen und enthält in allen ihren Organen, von den Faserwurzeln aufwärts bis in die Blattrippen hinein, sehr viel Salpetersäure.

Lathyrus latifolius. Hier trat die Erscheinung auf, dass nur in den Faser- und Hauptwurzeln Salpetersäure nachzuweisen war, und zwar trat die Reaktion in den ersteren sehr deutlich dunkelblau auf, während sie in den letzteren nur in den Rindentheilen sich zeigte. Im verholzten Stengel und auch in den oberen zarten Organen war Salpetersäure nicht nachzuweisen.

Vicia cracca. Die Salpetersäure war vorhanden in Faser- und Hauptwurzeln, ebenso in dem dicht über der Hauptwurzel sitzenden Stengelorgan. Im Stengel verlor sie sich vollständig und war wieder in den jüngsten, zarten Organen aufzufinden. Eine Erscheinung, welche bei dem älteren Exemplar von Ononis spinosa in gleicher Weise auftrat.

Potentilleae.

Potentilla anserina. Die Faserwurzeln, welche noch keine jungen weissen Ansätze gebildet hatten, waren frei von Nitrat, dagegen fanden sich etwa sechs Wochen später neue zarte Saugwurzeln, in denen Salpetersäure nachzuweisen war. Die übrigen Organe waren frei von Nitrat, nur in den Blattstielen trat eine schwache Reaktion ein.

Geum urbanum. Auch in dieser Pflanze enthielten die jungen, weissen Faserwurzeln Salpetersäure in recht bedeutenden Mengen, die älteren Wurzeln dagegen nicht. Nur im Wurzelstock war an einigen Stellen noch Salpetersäure aufzufinden; in grösseren Mengen trat sie kurz über dem Wurzelstock im Stengelansatz, ebenso im Blattstiel, in den Haupt- und Nebenrippen auf.

Lythraceae.

Lythrum salicaria. Von den Wurzeln enthielten nur die weissen Faserwurzeln Salpetersäure. Im ganzen Stengel und in den Blattrippen trat dunkelblaue Färbung ein.

Onagraceae.

Oenanthera fruticosa, L. var. splendens. Wiederum waren es die feinen zarten Saugwurzelansätze, welche reichlich Salpetersäure enthielten, in den übrigen Wurzeln war kein Nitrat vorhanden. Im Stengel nahm der Gehalt an Nitrat nach oben hin ab.

Epilobium parvifolium. Zwei Exemplare von verschiedenem Alter, ein einjähriges Gewächs und ein älteres, etwa zehnmal grösseres, erwiesen sich in ihrem Gehalt an Nitrat vollkommen gleich. Eine Verholzung des Stengels bei der älteren Pflanze war nicht eingetreten. In allen Organen von der Faserwurzel aufwärts bis in die Blattrippen hinein, war sehr viel Salpetersäure nachzuweisen.

Myrtus communis var. latifolia. Die als Untersuchungsobjekt dienende Myrte war ein stattlicher Baum. Sie zeigte die schon so häufig erwähnte Erscheinung, dass in ihren meisten Faserwurzeln Salpetersäure sehr viel vorhanden war, auch in älteren braunen Wurzeln waren Spuren zu finden, nicht jedoch in sämmtlichen übrigen Organen.

Saxifraginae.

Saxifraga aspera und *intacta.* Beide Exemplare hatten scheinbar noch keine neuen Ansätze von Faserwurzeln gebildet, weshalb voraussichtlich keine Salpeter-

säure in den Wurzeln zu finden war. Nur in den Theilen des Stengels, wo die Blattstiele sich abzweigten, fand sie sich, was auch bei anderen Pflanzen häufiger beobachtet wurde.

Crassulaceae.

Sedum Rhodiola. Die Faserwurzeln waren wiederum mit feinen weissen Wurzelspitzen versehen, welche eine recht auffallende Salpetersäurereaktion gaben. Ausserdem fand sich nur noch in Verzweigungsstellen des Stengels Nitrat.

Sedum album und *populiferum.* Weisse Ansätze von Faserwurzeln wurden hier nicht gefunden, die übrigen Wurzelorgane gaben keine Reaktion. Die einzige Hellblaufärbung trat in Verzweigungsstellen des Stengels ein, alle übrigen Theile der Pflanzen wiesen keine Reaktion auf.

Sempervivum arenarium. Die meisten zarten Faserwurzeln mit ihrem reichen Nitratgehalt traten hier wieder auf, die übrigen Organe der Pflanze waren salpetersäurefrei.

Umbelliferae.

Archangelica officinalis und *Levisticum officinale.* Bei beiden Pflanzen schienen sich neue Wurzeln noch nicht gebildet zu haben, nur solche von brauner Farbe ohne Nitrat waren vorhanden. Im Wurzelstock war an einigen Stellen noch Blaufärbung zu konstatiren. Es hatte den Anschein, als wenn in früherer Zeit mehr Salpetersäure vorhanden gewesen wäre, die nun zur Vegetation verbraucht war. Neue Zufuhr hatte nicht stattgefunden. Ueber der Hauptwurzel im Beginn des Stengels, wo die ersten Blätter sich abzweigten, trat intensive Blaufärbung ein. Geringer fand sich die Reaktion in sämmtlichen übrigen Organen dieser Pflanze; auch in den Blattrippen waren Spuren aufzufinden.

Daucus Corota und *Carum Carvi.* Beide Exemplare enthielten ungeheure Mengen Salpetersäure von der jüngsten Wurzel bis in die Verzweigung der zartesten Blätter.

Peucedanum officinale. In den Wurzeln war kein Nitrat zu finden, sondern nur am Grunde und in den Verzweigungsstellen des Stengels.

Pastinaca sativa. Hier fanden sich wieder die weissen, zarten Wurzelspitzen mit sehr viel Salpetersäure, die übrigen braunen Wurzelorgane gaben keine Reaktion. Auch hier war nur am Grunde des Stengels und in den Blattstielgelenken Salpetersäure vorhanden.

Caryophyllaceae.

Saponaria officinalis. In der Hauptwurzel trat die Reaktion sehr stark ein, in den unterirdischen Ausläufern wurde keine Salpetersäure gefunden. Dort, wo die Blätter in den vorholzten Stengel eintraten, entstand eine Hellblaufärbung; dagegen enthielten die oberen zarten Organe wieder viel Nitrat.

Cerastium arvense. Die Wurzeln zeigten keine Nitratreaktion; in den jungen Ausläufern unter der Erde war eine blauschwarze Reaktion zu bemerken, dagegen nur Spuren von Färbung weiter nach oben in der Verzweigung der Blattstiele.

Dianthus campestris. Die Pflanze verhielt sich bei der Prüfung auf Salpetersäure genau so wie Saponaria und Cerastium, nur dass die Ausläufer nicht vorhanden waren.

Arenaria parvifolia. In diesjährigen jugendlichen Ausläufern, an welchen

die jungen Blätter schuppenartig sassen, war Nitrat überaus reichlich vorhanden. In den Blattrippen und im Stengel war gleichfalls Salpetersäure zu finden.

Polygoneae.

Rumex verticillatus. Zwei Exemplare von verschiedenem Alter, ein mehrjähriges und ein zartes einjähriges zeigten nur in ihren Wurzeln ein verschiedenes Verhalten. Bei ersterem war die Salpetersäure in der Hauptwurzel fast verschwunden, es trat mit dem Reagens nur noch eine schwache Blaufärbung ein und auch diese nur vereinzelt, bei letzterem dagegen war eine schwarzblaue Färbung in allen ihren Wurzeltheilen sichtbar. Alle übrigen Organe der beiden Pflanzen waren reichlich mit Salpetersäure angefüllt, selbst in den Blattrippen liess sich dieselbe nachweisen.

Polygonum alpinum. In den Faserwurzeln waren nur Spuren von Nitrat aufzufinden, in der Hauptwurzel hatte sich dasselbe angehäuft, und in allen übrigen Organen trat eine dunkelschwarze Färbung ein.

Rheum undulatum. In einigen Faserwurzeln konnten Spuren von Salpetersäure nachgewiesen werden, sonst waren die übrigen Organe mit Ausnahme des Stengels, wo auch Spuren vorhanden, frei von Nitrat.

Polygonum Bistorta. Die Reaktion trat in gleicher Weise wie bei Polygonum alpinum ein.

Malvaceae.

Die Familie gehört zu den reichen Salpeterpflanzen; in allen ihren Organen, von den Faserwurzeln bis in die Blattrippen hinein, weisen sie sehr viel Salpetersäure auf.

Die Beobachtungen stimmten überein bei Malva silvestris, Althaea officinalis, Althaea cannabinica und Sida Napaea.

Geraniaceae.

Geranium gracile. Das einzige Organ, welches Salpetersäure enthielt, war der Theil des Stengels, der kurz oberhalb der Wurzel ansetzt; in den übrigen Stengeltheilen traten Spuren vereinzelt auf.

Rutaceae.

Ruta graveolens. Faser und Hauptwurzel waren mit Nitrat versehen, der verholzte Stengel zeigte Spuren von Blaufärbung, dagegen nahm der Gehalt an Nitrat wesentlich zu in den oberen zarten Organen der Pflanze.

Peganum Harmala. Die Nitratreaktion trat in gleicher Weise in den Organen dieser Pflanze ein, wie in denen von Ruta graveolens.

Diosmeae.

Dictamnus albus var. angustifolius. Die Faserwurzeln waren mit diesjährigen jugendlichen Ansätzen versehen, welche, wie schon so häufig beobachtet wurde, mit Salpetersäure reichlich gefüllt waren. Alle übrigen Organe, mit Ausnahme des Markes, wo sich Spuren fanden, enthielten kein Nitrat.

Euphorbiaceae.

Euphorbia orientalis und *salicifolia.* Die Wurzeln waren frei von Salpetersäure, sie fand sich im Mark und in der Rindenschicht des Hauptstengels. Der Milchsaft und der verholzte Stengel waren frei von Nitrat. Dasselbe war in den oberen zarten Theilen wieder nachzuweisen.

Guttiferae.

Hypericum perforatum. Die Faserwurzeln enthielten reichlich Salpetersäure, Hauptwurzel und verholzter Stengel hingegen nicht, der obere junge Theil strotzte wieder von Nitrat.

Violaceae.

Viola odorata und *palmata.* In Faser- und Hauptwurzeln trat Hellblaufärbung ein. Im Blattstiel nur im unteren Theil, welcher kurz über dem Wurzelstock sitzt. Bei V. palmata war auch in den grünen Blattstielen Salpetersäure nachzuweisen.

Resedaceae.

Reseda lutea. Diese Pflanze lieferte wieder den Beweis, dass von den zarten, weissen Wurzelspitzen Salpetersäure in grossen Mengen aufgenommen wird. Alle übrigen Organe gaben Reaktion — von Hell- bis Dunkelblau — bis in die Nervatur der Blätter.

Cistaceae.

Helianthemum vulgare. Eine sehr salpeterreiche Pflanze, in der die Säure in allen Organen mit tiefdunkelblauer Farbe aufzufinden war.

Cruciferae.

Cochlearia armoracia. In allen Organen war Salpetersäure nachzuweisen.

Fumariaceae.

Corydalis lutea. Die Wurzeln ohne Unterschied ergaben sehr bedeutende Reaktion. Im Blattstiel jedoch nur dort, wo er sich aus dem Stengel abzweigt.

Papaveraceae.

Dieser Familie gehören Pflanzen an, welche wieder ungeheuer viel Salpetersäure enthalten. Es wurden untersucht: Papaver saxifragum und orientale, Dicentra formosa, Chelidonium majus u. A. Sie führten viel Nitrat von den Faserwurzeln aufwärts bis in die Blattstiele und Blattrippen hinein.

Salicineae.

Salix fragilis. Bei den Wurzeln waren zarte, weisse Faserwurzelansätze zu finden, dieselben strotzten von Salpetersäure; in den Leitwurzeln war diese nur in der Epidermis zu konstatiren. Die oberirdischen Theile zeigten keine Salpetersäure.

Salix repens. Die Wurzeln enthielten Salpetersäure, auch waren hier neue Wurzelansätze vorhanden, welche ganz besonders starke Reaktion gaben.

Juglandeae.

Die neugebildeten Faserwurzeln leiteten grosse Mengen Salpetersäure in die Leitwurzeln, wo diese nur durch Hellblaufärbung nachzuweisen war. Nur im Blattstielgelenk trat sonst noch eine Reaktion ein.

Urticaceae.

Urtica urens und *divica.* In jungen und in älteren Pflanzen war Nitrat von den Faserwurzeln aufwärts bis in Blattstiel und Blattrippen aufzufinden.

Primulaceae.

Primula officinalis. Salpetersäure fand sich hier nur in neuen Wurzelansätzen, erst später im Herbst beobachtete ich auch in den übrigen Wurzeltheilen Spuren.

Convolvulaceae.

Convolvulus arvensis. Von den Wurzeln bis in die Blattstiele hinein war Salpetersäure nachzuweisen.

Ipomaea purga. Eine nicht entwickelte Knolle enthielt sehr viel Salpetersäure als Reservestoff.

Labiatae.

Mentha piperita. Die ganze Pflanze enthielt in allen ihren Organen mit Ausnahme des Blattparenchym, worin sich niemals Nitrat fand, Salpetersäure; ebenso war es der Fall bei Salvia officinalis, Lamium album, Galeopsis versicolor, Stachys silvatica und Scutellaria minor.

Oleineae.

Syringa vulgaris und *fraxinus ornus.* In ihren Faserwurzeln fand sich viel Nitrat, weniger in den Leitwurzeln, und dort auch nur in der Epidermis. Die oberirdischen Theile waren salpetersäurefrei.

Gentianeae.

Gentiana amarella. Nur in den Wurzeln waren Spuren von Salpetersäure zu entdecken.

Cucurbitaceae.

Cucumis sativus. Die kleinen Pflänzchen wie die ausgebildeten Exemplare enthalten in Wurzeln und den übrigen Organen Salpetersäure.

Caprifoliaceae.

Lonicera caprifolium. In den neuen Faserwurzeln und den Leitwurzeln war Salpetersäure festzustellen. Die übrigen Organe zeigten keine Reaktion.

Compositae.

Es wurden untersucht: Bellis perennis, Solidago virgaurea, Gnaphalium luteo-album, Artemisia vulgaris, Chrysanthemum leucanthemum. Die Beobachtungen führten zu dem Resultat, dass diese Familie sehr reiche Salpeterpflanzen enthält; in allen Organen war Nitrat zu finden, nur wo eine Verholzung des Stengels eingetreten war, fand ich in diesem keine.

Resumé des ersten Abschnittes.

Die systematisch durchgeführten Untersuchungen haben den Beweis geliefert, dass in fast allen Pflanzen resp. Pflanzenfamilien Salpetersäure nachzuweisen ist. Jedoch zeigen sich Unterschiede hinsichtlich der Vertheilung derselben im Körper. Zu den in fast allen Theilen durch reichen Salpetergehalt ausgezeichneten Familien gehören namentlich: Malvaceae, Cruciferae, Papaveraceae, Convulvulaceae, Labiatae, Compositae, Urticaceae.

Dagegen tritt bei vielen Pflanzen die Eigenthümlichkeit hervor, dass die Salpetersäure in den oberirdischen Organen ganz oder fast ganz fehlt und auf die Wurzeln, namentlich die neu entstandenen Saugwurzeln, beschränkt ist. So besonders bei Lupinus polyphyllus, Potentilla anserina, Oenanthera fruticosa, Myrtus communis, Sedum Rhadiola, Sempervivum arenarium, Pastinaca sativa, Dictamnus albus, Juglans regia, Primula officinalis.

Aus den angestellten Beobachtungen geht weiter hervor, dass die Salpetersäure enthaltenden Pflanzen dieselbe mit Hülfe der Wurzeln aufnehmen und

zwar meistens der neu gebildeten zarten Faserwurzeln, welche sich von den übrigen durch ihre weisse Farbe unterscheiden. Diese Faserwurzeln bilden sich erst dann, wenn das in den übrigen dazu bestimmten Organen aufgespeicherte Nitrat bald aufgebraucht ist. Dasselbe ist in diesen Organen als Salpetersäure nachzuweisen. Es erklärt sich daraus das häufigere Nichtauffinden von Salpetersäure in Wurzeltheilen, welche in früheren Jahren gebildet, bereits einen oder mehrere Winter überlebt haben. Auch aus einem anderen Grunde enthalten manche Pflanzen keine Salpetersäure in den Wurzeln. Es ist bekannt, dass die Saugwurzeln vieler Pflanzen und Pflanzenfamilien verpilzt sind. Diese Pilze leben mit den Saugwurzeln der betreffenden Pflanzen in Symbiose und die Saugwurzeln erhalten auf diese Weise ihre stickstoffhaltigen Nährstoffe in bereits assimilirter Form. Es sind dies namentlich die Familien der Coniferen, Cupuliferen, Ericaceen, Orchideen und Ranunculaceen. Ich habe speziell auch aus diesen Familien eine Anzahl Vertreter untersucht, aber in keiner einzigen Salpetersäure gefunden, weshalb diese Familien auch in der obigen Aufzählung nicht mit enthalten sind. Ich kann also die in dieser Beziehung von FRANK[1]) bereits gemachten Angaben bestätigen.

II. Vorkommen der Salpetersäure in den Pflanzen nach Standorten.

1. Sandpflanzen.

Als Vertreter der Sandpflanzen wurden untersucht: Euphorbia cyparissias, Corynephorus, Carex arenaria, Centaurea cyanus, Tanacetum vulgare, Thymus Serpyllum und Plantago media.

Dass Sandboden sehr geringen oder nur vorübergehenden Gehalt an Salpetersäure besitzt, ist bekannt, weshalb auch das Ausbleiben der Salpetersäurereaktion bei einigen Pflanzen erklärlich war.

Ich fand in neu gebildeten Faserwurzeln von Centaurea cyanus und zwar einem Exemplar, welches noch sehr jugendlich war und noch nicht in der Blüthe stand, Spuren Salpetersäure; bei älteren dagegen war sie nicht mehr nachzuweisen. Bei Thymus Serpyllum war ebenfalls in den neu gebildeten Wurzeln deutlich Salpetersäure, dagegen in allen übrigen Organen der Pflanze nicht aufzufinden. Ich untersuchte mehrere Exemplare dieser Spezies, von denen einige keine Spur von Salpetersäure enthielten: es waren dies Pflanzen, bei denen auch keine weissen, zarten Faserwurzeln zu entdecken waren. Bei Plantago media war Nitrat theils durch hellblaue, theils durch dunkelblaue Färbung festzustellen. Bei den übrigen Pflanzen war Salpetersäure nicht aufzufinden. Ich will darin keinen Beweis erblicken, dass dieselben nicht auch durch Salpetersäure mit Stickstoff versorgt werden können. Ich traf vielleicht eine Zeit, wo im Boden augenblicklich Stickstoffzufuhr fehlte und die von der Pflanze aufgenommene Salpetersäure bereits verarbeitet war. Die Dürftigkeit der Pflanzen ist hierauf voraussichtlich zurückzuführen.

1) Untersuchungen über die Ernährung der Pflanzen mit Stickstoff etc. Berlin 1888, S. 47, und Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, 18. Juli 1888, S. 264.

2. Sumpfpflanzen.

Bei Myosotis palustris, Ledum palustre, Caltha palustris, Viola palustris, Drosera intermedia, Comarum palustre war ein Nachweis von Salpetersäure in keinem einzigen Organe möglich. Es war deshalb gerathen, den Boden, in welchem diese Pflanzen wuchsen, selbst auf Salpetersäure zu untersuchen, was in folgender Weise geschah. Eine ungewogene Menge des betreffenden Moorbodens wurde mit destillirtem Wasser behandelt, die Flüssigkeit nach einigen Stunden abfiltrirt und diese bis auf einen geringen Rest eingedampft. Dieser völlig klare, allerdings ein wenig gelb gefärbte Ueberrest wurde mit Diphenylaminschwefelsäure im Ueberschuss behandelt. Eine Blaufärbung trat aber nicht ein.

Vielleicht nehmen also alle Sumpfpflanzen ihren Stickstoff in anderer Form auf, als in Gestalt von Salpetersäure, oder vielleicht nur, wenn diese im Wasser fehlt! Möglicherweise erklärt sich dies Verhalten auch durch Verpilzung der Wurzeln dieser Pflanzen, wie es von Ledum bereits bekannt ist.

3. Wasserpflanzen.

Von den Wasserpflanzen wurden untersucht Hydrocharis morsus ranae, Mayophyllum proserpinacoides, Hottonia palustris, Limnanthemum nymphaeodes, Myriophyllum spicatum, Potamogeton gramineus, Nuphar luteum, Acorus Calamus, Typha latifolia, Calla palustris.

Die Untersuchung ergab bei allen Leitwurzeln eine intensive Blaufärbung. Also auch bei den Wasserpflanzen wird Stickstoff in Form von Salpetersäure durch die Wurzeln zugeführt.

Resumé des zweiten Abschnittes.

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, dass die Sandpflanzen sich aus Salpetersäure ernähren können, wenn solche im Boden vorhanden ist, was freilich nicht immer in genügendem Grade der Fall zu sein scheint. Bei den Wasserpflanzen ist die Aufnahme von Nitrat durch die Wurzeln ebenfalls nachgewiesen. Dagegen ist wohl noch nicht ganz klar, in welcher Weise die Sumpfpflanzen mit Stickstoff versorgt werden.

III. Verhalten der Salpetersäure in den Pflanzen nach Vegetationsperioden.

1. Holzgewächse.

1. Sambucus nigra.

Im Anfang des Oktober war in Saug- und Leitwurzeln Salpetersäure durch Blaufärbung mit dem Reagens nachzuweisen; während der beblätterte Zweig keine Salpetersäure mehr enthielt, fand dieselbe sich noch sehr reichlich im

Blattstiel. Ende Oktober trat der erste heftige Frost ein. Die Blätter waren ziemlich stark erfroren und zum grossen Theil abgefallen; nur an den Spitzen der Zweige hielten dieselben sich noch längere Zeit. Sowohl in den abgefallenen wie in den noch am Zweige sitzenden Blättern trat eine dunkelblaue Färbung ein. Ein Zeichen, dass eine grosse Menge Salpetersäure unverarbeitet in den Blüthen verblieben war. Die Wurzeln gaben die gleiche Reaktion wie im Anfang des Oktober. Während des Winters wurden dieselben häufiger untersucht; im Stamm und Zweigen war Salpetersäure nicht mehr vorhanden. In den Wurzeln wur eine Abnahme des Salpetersäuregehaltes thatsächlich festzustellen. Im Januar war in den Leitwurzeln, welche im Oktober von Salpetersäure strotzten, nur in den Rindenpartien solche nachzuweisen, dagegen begannen sich die Faserwurzeln mit Beginn des März bereits wieder mit Salpetersäure zu füllen. Im April trat bei den Wurzeln eine schwarzblaue Färbung ein, ebenso war in diesem Monat in der Rindenschicht der Zweige eine deutliche Blaufärbung wahrzunehmen. Im jungen Spross begann Ende April die Verarbeitung der Salpetersäure und war diese an der Basis desselben nachzuweisen. Schliesslich Ende Mai strotzten auch die Blätter von Salpetersäure, und die Vegetation hatte überreiche Nahrung an Stickstoff.

2. Vitis vinifera.

Beim Weinstock trat das Vorhandensein und Verschwinden der Salpetersäure noch charakteristischer auf.

Während des September war in den Wurzeln, den grünen nicht verholzten Zweigen dort, wo die Blattstiele ansetzten, im Blattstiel und Blattrippen noch ziemlich viel Salpetersäure nachzuweisen. Im Oktober waren die Wurzeln bereits theils frei von Salpetersäure, theils liess sich dieselbe durch das Reagens nur noch in Hellblaufärbung feststellen. Im Blattstiel und Blattstielgelenk erhielt sich nach dem ersten Frost die Salpetersäure, wie bei Sambucus, auch in den abgefallenen Blättern. Mit eintretendem Winter, im November, hörte die Aufnahme von Salpetersäure durch die Wurzeln auf. Während des Winters war in keinem Organ des Weinstockes Nitrat aufzufinden. Erst im April fanden sich wieder Spuren davon in Faser- und Leitwurzeln. Die jungen Sprossen waren von den Deckblättern noch vollkommen umhüllt. Mit Beginn der Entwickelung der jungen Triebe stellte sich die Salpetersäure wieder ein und alle Theile mit Ausnahme des verholzten Zweiges waren mit Nitrat erfüllt. Bei der Weiterentwickelung zeigte sich im Mai schliesslich dieselbe Erscheinung wie im September.

3. Robinia pseudacacia.

a) Ein vollkommen entwickelter mehrjähriger Baum.

In Faser- und Hauptwurzeln war im September Salpetersäure mit dunkelblauer Färbung nachzuweisen. Im Oktober war sie in den Wurzeln bereits verschwunden und nur noch auffallender Weise im Blattstielgelenk zu finden. Alle übrigen Organe waren frei von Nitrat. Ende Oktober nach dem ersten Frost fielen die Blätter mit ihrer Spindel zum grossen Theil ab, trotzdem war im Spindelgelenk der abgefallenen wie der noch lose an den Zweigen haftenden Spindel, Nitrat noch deutlich nachzuweisen. Erst Ende März begann die Aufnahme von Nitraten wieder durch die Faserwurzeln. Einige Wochen darauf, Ende April, war auch in den Rindentheilen der Leitwurzel wieder Salpeter-

säure erkennbar. Mit Beginn der Vegetation im Mai strotzten die kleinen Blattspindeln, Blattstiele und selbst die Rippen von Salpetersäure; doch bald nach Weiterentwickelung, welche überaus schnell vor sich ging, war die Salpetersäure aufgebraucht und eine Reaktion mit Diphenylaminschwefelsäure trat nicht mehr ein. Nur im Blattstielgelenk behielt dieselbe den ganzen Sommer hindurch ihr Recht, eine Blaufärbung bewies hier jederzeit die Anwesenheit von Nitrat, wie FRANK bereits angegeben.

b) Im ersten Jahre stehende Exemplare.

Es wurden Beobachtungen angestellt, wie sich die Nitratnachweisung gestalten würde bei einigen aus Samen gezogenen Exemplaren. Das erste zur Untersuchung genommene Pflänzchen war noch vollkommen zart, 10 *cm* über der Erde. Hier strotzten alle Organe von Salpetersäure. Ein gleiches Resultat wurde erzielt bei allen übrigen Exemplaren, so lange eine Verholzung des Stämmchens nicht eingetreten war. Sobald jedoch, nachdem im Herbst die kleinen Blättchen abgefallen, der verholzte Stamm allein übrig blieb, liess sich ein Vorhandensein von Salpetersäure nicht mehr feststellen. Weitere Untersuchungen wurden nicht vorgenommen.

Von anderen Holzgewächsen will ich noch erwähnen: Syringa vulgaris, Tilia europaea, Fraxinus ornus und Aesculus Hippocastanum. Sie schliessen sich in der Aufnahme von Nitraten durch ihre Wurzeln völlig dem vorher genauer beschriebenen Verhalten der übrigen Holzpflanzen an; früher oder später im Herbst hörte die Aufnahme von Nitrat durch die Wurzeln auf und begann mit Anfang des Frühjahrs von neuem. Sehr deutlich mit dunkelblauer Färbung trat die Salpetersäure-Reaktion ein, sobald neue junge Faserwurzelansätze vorhanden waren. Von weiterem Interesse war auch das Auftreten von Salpetersäure in zwei noch jugendlichen Exemplaren von Aesculus Hippocastanum. Es war interessant, zwei jugendliche Bäumchen, die beide in demselben Jahre aus Samen gezogen, übrigens aber in ungleicher Entwickelung waren, auf ihr Salpeterverhalten zu untersuchen. Das eine war bereits mit verholztem Stämmchen versehen. Die Wurzeln enthielten in allen ihren Theilen sehr viel Nitrat ohne Unterschied, ob sie weiss oder braun aussahen, dagegen war das verholzte Stämmchen fast frei von Salpetersäure; in einem Präparat fand ich nur Spuren davon. In den oberen zarten Organen, im Blattstielgelenk und im Blattstiel selbst, war Nitrat in nicht unbedeutenden Mengen nachzuweisen. Der wesentliche Unterschied des weniger entwickelten zweiten Exemplares bestand darin, dass eine Verholzung des Stämmchens noch nicht eingetreten war. In allen Organen des Untersuchungsobjektes fand sich Salpetersäure von der jugendlichen Wurzel aufwärts bis in die Nervatur des Blattes.

Diese Erscheinung korrespondirte mit der in jungen Akazienpflanzen.

Holzgewächse, welche mit Hülfe von Mykorrhizen ihren Stickstoff aufnehmen, Cupuliferen und Coniferen, zeigten weder im Sommer noch im Winter eine Nitratreaktion.

II. Perennirende Krautgewächse.

Die auf ihren Nitratgehalt untersuchten perennirenden Krautgewächse waren theils mit einem Wurzelstock, theils mit einer einfachen Wurzel versehen.

1. Asparagus officinalis.

Ein im Februar untersuchter Wurzelstock enthielt eine auffällig grosse Menge Salpetersäure, nicht nur im Rhizom, sondern auch in der Wurzel selbst.

In ausgeglühten Sand wurde ein zweites und drittes Exemplar eingelegt und mit destillirtem Wasser begossen, doch gelang es so nicht, junge Sprossen zu entwickeln. Im Mai wurde ein zweiter Wurzelstock untersucht, der bereits mit jungen Spargelsprossen in den verschiedensten Entwickelungsstadien versehen war. Das Rhizom enthielt nur noch sehr wenig Salpetersäure, nur Spuren liessen sich in einigen Präparaten nachweisen Die Wurzeln selbst enthielten auch nur noch vereinzelt Spuren. Auffällig war es, dass in dem Spargelstengel selbst nur an der Basis eine Hellblaufärbung mit dem Reagens eintrat, dagegen waren nur hin und wieder in dem nach oben strebenden Theil geringe Mengen nachzuweisen, voraussichtlich grade die letzten Ueberreste, welche in nächster Zeit zur Umsetzung bestimmt waren. Eine Verarbeitung der vorhandenen Mengen musste bereits stattgefunden haben. Im Monat Juni waren ganz kleine feine Faserwurzeln an den alten Leitwurzeln zu finden; dieselben strotzten wieder von Nitrat. Es wurde dadurch klar, dass diese neuen Würzelchen für neue Zufuhr von Nitrat sorgten, um das Rhizom wieder mit Nitrat als Reservestoff zu füllen Später war auch im Mark der grünen Organe Salpetersäure nachzuweisen.

2. Dahlia variabilis.

Bei der Georgine war im Laufe des Winters eine ungeheure Menge Salpetersäure zu finden. Die Knolle enthielt dieselbe in allen ihren Theilen. Es war nun wichtig zu erfahren, was aus diesem Reservestoff werden würde. wenn jede andere Stickstoffzufuhr abgeschnitten ist. Mehrere Knollen wurden in weissen, ausgeglühten, nitratfreien Sand eingebettet und häufiger mit destillirtem Wasser begossen, um sie zur Entwickelung zu bringen. Dieses Verfahren glückte sehr gut. Die Knollen trieben im Gewächshaus Sprossen, welche sich schön entwickelten und ausbreiteten. Jüngere Triebe, 5, 10 und 15 *cm* lang, wurden auf Nitrat untersucht. Dieselben enthielten, wie bei Asparagus, an der Basis nur Spuren von Salpetersäure, nach oben hin war dieselbe fast vollkommen verschwunden. Sicherlich fanden sich nur die Mengen, welche bald umgesetzt werden sollten. Faserwurzeln hatten sich zahlreich gebildet, sie enthielten jedoch kein Nitrat, weil ihnen die Nitratzufuhr fehlte. Inzwischen hatten andere Triebe sich zu einer stattlichen Pflanze entwickelt, welche ich in ihrem Wachsthum nicht störte, um schliesslich nachzuforschen, ob das Reservenitrat aus der Knolle vollkommen verschwinden würde. Zu bemerken war, dass der Gehalt an Salpetersäure bedeutend abnahm. Im vierten Vegetationsmonate war nur noch eine Hellblaufärbung, namentlich an der Stengelbasis, festzustellen, doch trat eine vollkommene Entleerung der Knolle nicht ein. Interessant war die Beobachtung einer gleichen Pflanze im normalen Boden. Sie zeigte das gleiche Verhalten, nur dass die so zahlreich auftretenden Faserwurzeln mit dem Reagens sich tief dunkelblau färbten. Sie waren also zur Aufnahme und neuen Zufuhr von Nitrat bestimmt.

3. Gladiolus communis.

Ungekeimt enthält Gladiolus ebenfalls viel Salpetersäure in der Knolle. Er war also ein geeignetes Versuchsobjekt, an dem dieselben Untersuchungen

angestellt werden konnten, wie bei der Dahlia, und zwar durch Antreiben in ausgeglühtem, weissem Sand. Die Knollen keimten sehr bald, und bei genügender Feuchtigkeit entwickelten sich die jungen Sprosse sehr gut. In verschiedenen Entwickelungsstadien wurden sie untersucht, 5, 8 und 10 *cm* lang. Auch hier fanden sich nur Spuren von Salpetersäure in der Basis der Sprosse, dagegen war in den gut entwickelten Wurzeln kein Nitrat zu finden, da dasselbe im Sande fehlte. Es trat bei gut entwickelten Exemplaren ein vollkommener Aufbrauch der Reservesalpetersäure ein, weder in den Wurzeln noch in der Knolle waren Spuren von Nitrat zu finden. Die Pflanzen gingen ein, sobald ihnen Stickstoff als Nahrung zur Weiterentwickelung nicht gereicht wurde, doch erhielten sich andere Exemplare, nachdem ihnen nitrathaltige Nährstofflösung gegeben und durch die Wurzeln zugeführt wurde.

4. Solanum tuberosum.

MOLISCH erwähnt nebenbei, er habe in einigen Kartoffeln keine Salpetersäure finden können; diese Ansicht kann ich mit Bezug auf ungekeimte Kartoffeln nicht theilen. Von Herrn Professor Dr. ORTH sind mir in liberaler Weise viele Sorten zur Verfügung gestellt worden. Bei allen habe ich mehr oder weniger Salpetersäure nachweisen können, selbst bei Exemplaren, welche aus Samen gezogen waren. Der Gehalt an Salpetersäure war allerdings nicht ein überreicher wie bei den drei vorher erwähnten Gewächsen und fand sich auch nur an bestimmten Stellen, namentlich dicht an der Schale.

Die weitere Untersuchung im ausgeglühten Sand mit destillirtem Wasser begossen und zur Keimung gebrachter Exemplare bestätigte die auch bei den drei anderen Gewächsen gemachten Beobachtungen. Untersuchte Keimlinge enthielten nur Spuren an ihrer Basis, die zahlreich entwickelten Faserwurzeln dagegen keine Salpetersäure. Dieselbe verlor sich vollkommen mit den übrigen Reservestoffen in der Knolle.

5. Ipomoea purga.

Die unentwickelte Knolle enthielt sehr viel Salpetersäure als Reservestoff, eine weitere Beobachtung während ihrer Vegetation war mir wegen Mangel an Material leider nicht möglich.

6. Potentilla Formentilla.

Ein im Februar den Boden entnommener Wurzelstock enthielt einen reichlichen Vorrath an aufgespeicherter Salpetersäure. Mit Beginn der Vegetation in späteren Monaten wurde der Vorrath an Nitrat ziemlich aufgebraucht, und dann erst bildeten sich im Mai neue Wurzeln, durch welche die weitere Zufuhr davon veranlasst wurde; denn diese neuen Wurzeln erwiesen sich wieder mit Nitrat erfüllt.

7. Geum urbanum.

Im Februar waren in gleicher Weise wie bei Potentilla die Wurzeln mit Salpetersäure angefüllt. Dieselbe verlor sich zum grossen Theil während der Vegetation, wo sie nothwendig zum Aufbau der einzelnen Organe gebraucht wurde. Kleine Faserwurzeln sorgten für neue Aufnahme von Nitrat; sie strotzten bei ihrer Untersuchung von Salpetersäure.

8. Polygonum Bistorta.

Im Winter war in den Nebenwurzeln keine Salpetersäure zu finden, dieselbe hatte sich nur im Rhizom aufgespeichert. Im Frühjahr verschwand sie

wieder aus demselben, dafür erfüllten sich die neugebildeten Faserwurzeln wiederum mit Nitrat.

Die angeführten Beobachtungen könnten die Ansicht aufkommen lassen, die Salpetersäure würde bei sämmtlichen perennirenden Gewächsen aufgespeichert, verbliebe während des Winters im Rhizom, in Knolle oder Wurzel und würde zum Aufbau neuer Sprosse im Frühjahr wieder verarbeitet. Diese Ansicht wäre indess einseitig.

Im Folgenden sollen einige Gewächse angeführt werden, welche im Winter für absolut frei von Salpetersäure gehalten werden mussten: Iris florentina, Allium Cepa, Colchicum autumnale, Scilla maritima, Crocus sativa. Diese Pflanzen zeigten während des Winters in ihrem Wurzelstock, in Knolle oder Zwiebel absolut keine Salpetersäure; es war nicht möglich in irgend einem Organe Nitrat aufzufinden. Weitere Beobachtungen im Frühjar lehrten aber, dass sich auffallend viel Faserwurzeln gebildet, sobald der erste neue Spross zum Vorschein kam. Dieselben enthielten jetzt wiederum ungeheure Mengen Nitrat.

III. Einjährige Pflanzen.

Als Vertreter der nur einen Sommer lebenden Gewächse wurden untersucht: Brassicaarten, Phaseolusarten, Zea Mais, Lamium album, Hordeum vulgare, Helianthus annuus, Malva vulgaris, Chenopodium vulvaria.

Sie zeigten eine Salpeterreaktion in allen ihren Organen in ausgiebigster Weise von den jüngsten Wurzeln hinauf bis in die Blattstiele und Blattrippen. Eine Ausnahme von diesen Gewächsen machte nur unsere gelbe Lupine, wie FRANK[1]) bereits nachgewiesen. Sie enthielt wohl in ihren feinsten Wurzeln Salpetersäure, doch war dieselbe in der Hauptwurzel nur noch spurenweise nachzuweisen, alle übrigen Organe waren frei davon. Hieraus war zu folgern, dass voraussichtlich eine sehr schnelle Umarbeitung der Salpetersäure in organische Stickstoffverbindungen vor sich ging.

Die einjährigen Kräuter endlich nehmen in alle Theile ihres Körpers, mit Ausnahme des Mesophylls, Salpetersäure auf und behalten sie während ihrer Vegetationszeit. Nur die Lupine verhält sich anders, indem bei ihr auch nur in den Saugwurzeln Nitrat nachzuweisen ist.

Resumé des dritten Abschnittes.

Die Untersuchungen, welche im dritten Abschnitt besprochen worden sind, haben, soweit die bisher untersuchten Pflanzen ein Urtheil gestatten, zu folgenden Resultaten geführt. Alle Gewächse, abgesehen von denen, welche mit Mycorrhizen versehen sind, erhalten durch ihre Wurzeln Nitrat als Stickstoffnährung. Was aber die weitere Vertheilung desselben in der Pflanze anlangt, so verhalten sich die Gewächse ungleich und zwar wie folgt.

Was zunächst die Holzpflanzen anlangt, so ist die von MOLISCH aufgestellte Ansicht, dass hier Nitrat überhaupt fehlt, unzutreffend. Denn erstens findet in der Holzpflanze im ersten Lebensjahre, solange die Verholzung noch nicht vollendet ist, eine Ansammlung von Nitrat in allen Theilen der Pflanze

1) Ernährung der Pflanze mit Stickstoff, S. 46.

statt. Sobald aber die Verholzung eingetreten ist, also in allen späteren Lebensstadien, sehen wir bei fast allen Holzpflanzen die Salpetersäure auf die Saugwurzeln beschränkt; höchstens wird sie in den jugendlichen, unverholzten Frühlingstrieben und später etwa noch in den Blattgelenken in solcher Menge angesammelt, dass sie nachweisbar wird. Während des Winters enthalten auch die Saugwurzeln kein Nitrat mehr, und dasselbe findet sich erst in den im Frühlinge neugebildeten Saugwurzeln wieder ein. Von diesem für die Holzpflanzen charakteristischen Verhalten machen nur eine Ausnahme Sambucus und Vitis vinifera, wo auch während des Sommers bis in den Herbst in den grünen oberirdischen Theilen Salpetersäure reichlich angesammelt bleibt.

Bei den perennirenden Kräutern finden wir wiederum in den neugebildeten Faserwurzeln allgemein Salpetersäure. Die perennirenden Theile speichern bei vielen dieser Pflanzen während der Winterruhe die Salpetersäure als Reservestoff auf, und beim Austreiben im Frühlinge verschwindet sie daraus wieder. Eine andere Kategorie dieser Gewächse verhielt sich aber anders, und zwar den Holzgewächsen analog, in dem sie keine Salpetersäure, sondern offenbar deren Assimilationsprodukte aufspeichern. Die Salpetersäure wird als Reservestoff während der Winterruhe in den Wurzeln oder dazu bestimmten Organen aufgespeichert und mit Beginn der Vegetation verarbeitet. Inzwischen bilden sich neue Faserwurzeln, mit deren Unterstützung neue Salpetersäure aus dem Erdboden aufgenommen und der Pflanze zugeführt wird. In jenem zweiten Falle wird das Nitrat mit Schluss der Vegetation verbraucht oder umgearbeitet. Im Winter ist keine Salpetersäure nachzuweisen, erst mit Beginn des Frühjahrs wachsen mit dem Anfangsspross zahlreiche Faserwurzeln, welche bemüht sind. Salpetersäure in möglichst grossen Quantitäten dem Boden zu entziehen, um sie der Pflanze zuzuführen. Einjährige Pflanzen weisen auffällig grosse Mengen Nitrat auf, welche zu ihrem Leben und ihrer Entwickelung nothwendig sind.

IV. Geschwindigkeit der Salpeteraufnahme.

Zu diesen Versuchen wurde eine Crucifere, Sinapis alba und eine Papilionacee, Phaseolus multiflorus, gewählt.

Die Samen beider Pflanzen wurden etwa 24 Stunden zum Aufquellen in destillirtes Wasser gelegt und hierauf in Keimbecken gebracht. Nach zwei bis drei Tagen war das Würzelchen soweit entwickelt, dass die kleinen Pflänzchen in Wasserkulturen weiter gezogen werden konnten.

Zu diesem Zweck wurde eine künstliche Nährstofflösung ohne Nitrat angefertigt. Die konzentrirte Lösung bestand aus

7 Theilen schwefelsaurer Magnesia,
8 „ schwefelsaurem Calcium,
20 „ Chlorcalcium,
13 „ phosphorsaurem Kali

auf ein Liter destillirtes Wasser.

Alle Chemikalien wurden vor ihrer Verwendung auf Salpetersäure untersucht und für rein befunden. Auch die fertige Nährstofflösung gab nicht die geringste Bläuung mit dem Reagens.

Von dieser konzentrirten Lösung genügten 5 *ccm* auf ein Liter destillirtes Wasser, um eine Normal-Nährstofflösung herzustellen. Mit derselben wurden Glasgefässe mit weiter Oeffnung gefüllt und darüber Gaze gespannt. Die Würzelchen der Keimpflanzen konnten so durch die einzelnen Maschen in die Nährstofflösung hineinragen, ohne dass das hypokotyle Glied von der Flüssigkeit benetzt wurde. Auf diese Weise entwickelten sich die Pflänzchen leidlich gut in der Nährstofflösung, welche häufig erneuert werden musste. Die Phaseoluskulturen wurden später, als sie etwa eine Grösse von 15—20 *cm* erreicht hatten, in mit Nährstofflösung gefüllte Litergefässe umgesetzt.

I. Versuch mit Sinapis alba.

Nach einigen Wochen waren die Kulturen soweit herangewachsen, dass ausser den Primordialblättern ein neues Stengelglied mit neuen Blättern sich entwickelt hatte, während die jüngsten, zweiten Blättchen noch versteckt waren und sich eben zu entfalten begannen.

In dieser Entwickelungsperiode wurden die kleinen Pflänzchen in eine nitrathaltige Normal-Nährstofflösung übergeführt. Dieselbe bestand aus

12,5 Theilen schwefelsaurer Magnesia,
15 „ Chlorkalium,
32,5 „ salpetersaurem Calcium,
20 „ phosphorsaurem Kalium

auf sechs Liter destillirtes Wasser aufgefüllt. Von dieser konzentrirten Lösung wurden 50 *ccm* auf ein Liter Wasser gebraucht, um eine Normal-Nitrat-Nährstofflösung herzustellen. Mit derselben wurden in gleicher Weise, wie vorher mit Gaze überspannte, mit weiter Oeffnung versehene Glasgefässe gefüllt. Es musste wieder darauf geachtet werden, dass nur die kleinen Wurzeln in die Lösung tauchten und das hypokotyle Glied nicht benetzt wurde.

Das Ergebniss der Nitrataufnahme, jeweils an einem besonderen Exemplar geprüft, war nun folgendes:

Nach 45 Minuten war die erste Hellblaufärbung nach Zusatz von Diphenylaminschwefelsäure dort sichtbar, wo die Faserwurzeln in die Hauptwurzel eintraten, die Färbung war nur sehr gering.

Nach 60 Minuten war eine deutliche Hellblaufärbung oberhalb der Wurzelhaube in der Epidermis bis etwa zur Hälfte aufwärts der Hauptwurzel wahrzunehmen. Die Faserwurzeln waren mit Nitrat ganz angefüllt. Erwähnt sei noch, dass die Wurzelhaube niemals Nitrat enthält.

Nach 2 Stunden trat die Reaktion bis zu dem Theile der Wurzel ein, welcher von der Lösung benetzt wurde.

Nach 3 Stunden hatte sich Nitrat auch in dem unteren Theile des hypokotylen Gliedes angesammelt.

Nach 4 Stunden war ein weiteres Vorrücken der Salpetersäure nach oben nicht festzustellen.

Nach 5 Stunden war im ganzen hypokotylen Gliede Salpetersäure nachzuweisen.

Nach 6 Stunden war ein wesentliches Aufwärtssteigen von Nitrat nicht zu bemerken.

Nach 12 Stunden erst konnte eine geringe Nitratreaktion im Stengel beobachtet werden.

Nach 24 Stunden hatte sich die Salpetersäure in allen Organen eingefunden, und selbst in den Blattrippen war sie nachweisbar.

II. Versuch mit Phaseolus multiflorus.

Im Vergleich zu den kleinen Senfpflänzchen waren die Bohnenkulturen verhältnissmässig in der nitratfreien Nährstofflösung besser entwickelt. Das zweite Stengelglied war soweit ausgebildet, dass die jungen Blätter des dritten Gliedes zwischen denen des zweiten deutlich sichtbar waren.

Bevor die Kulturen in nitrathaltige Nährstofflösung übergeführt wurden, ergab die Untersuchung eines Objektes das Nichtvorhandensein von Salpetersäure in allen Organen.

Die Salpetersäure wurde in folgenden Zeiträumen in den Organen der Pflanzen nachgewiesen.

Nach 1 Stunde enthielten weder Wurzeln noch die übrigen Pflanzentheile Nitrat.

Nach 2 Stunden entstand eine geringe Blaufärbung mit Diphenylaminschwefelsäure an den Theilen der Nebenwurzeln, wo dieselben sich mit der Hauptwurzel vereinten, was mit dem ersten Auftreten der Salpetersäure in den Senfpflanzen korrespondirte.

Nach 3 Stunden wurde eine weitere Reaction nicht beobachtet.

Nach 4 Stunden war in den Nebenwurzeln Salpetersäure zu finden, ebenso in dem unteren Theile der Hauptwurzel und zwar in der Epidermis. Die Wurzelhaube blieb frei von Nitrat.

Nach 5 Stunden wurde ein weiteres Vorrücken kaum bemerkt.

Nach 6 Stunden war das gleiche Verhalten zu konstatiren.

Nach 7 Stunden wurde in weiteren Organen der Pflanze keine Salpetersäure aufgefunden, in den angeführten Wurzeltheilen war die Reaktion deutlicher.

Nach 8 Stunden wurde etwa in der Hälfte der Hauptwurzel Nitrat nachgewiesen. Auffallend war es, dass die Hauptwurzel in ihrem oberen Theile keine Reaktion ergab, obwohl ihre Nebenwurzeln ohne Ausnahme bereits Nitrat zuführten.

Nach 10 Stunden war ein weiteres Vorkommen in dem oberen Hauptwurzelorgan nicht zu verzeichnen.

Nach 12 Stunden trat noch immer die Reaktion nur in der unteren Hälfte der Hauptwurzel ein.

Nach 14 Stunden hatten die Nebenwurzeln einen sehr reichlichen Nitratgehalt, ebenso der untere Theil der Hauptwurzel, dagegen fanden sich in dem oberen Theile derselben Spuren in der Epidermis, im parenchymatischen Gewebe traten vereinzelt Spuren auf.

Nach 16 Stunden traten noch dieselben Reaktionen ein wie nach 14 Stunden.

Nach 18 Stunden fiel eine interessante Erscheinung auf. Salpetersäure befand sich in allen Wurzeltheilen. In den Nebenwurzeln und dem unteren Theile der Hauptwurzel war dieselbe sehr deutlich nachzuweisen, hingegen nahm ihr Auftreten nach oben hin ab. Im hypo-

kotylen Gliede und Stengel waren nicht die geringsten Spuren davon zu entdecken. Auffallend war es dagegen, dass Salpetersäure bereits dort nachzuweisen war, wo der Blattstiel in den Stengel eintrat. Die Salpetersäure hatte sich also dort angesammelt, während sie in dem hypokotylen Gliede und im Stengel schnell verarbeitet oder weiter geleitet war. Bemerkenswerth ist, dass diese Erscheinung nach 18 Stunden nur erst bei den beiden Primordialblättern auftrat.

Nach 19 Stunden trat die gleiche Reaktion in den untersten Blattgelenken ein; hypokotyles Glied und Stengel waren nitratfrei.

Nach 20 Stunden hatte sich die Salpetersäure auch in der Epidermis des hypokotylen Gliedes eingefunden. Im Stengel war von einer Reaktion nichts zu bemerken. Das unterste Blattstielgelenk behauptete seine Blaufärbung, welche an Deutlichkeit sehr zugenommen hatte.

Nach 22, 24 und 26 Stunden war eine wesentliche Veränderung in der Nitrataufnahme nicht bemerkbar.

Nach 36 Stunden war in der Epidermis des Stengels Nitrat und nachzuweisen. Abgesehen von den übrigen Organen, dem hypokotylen Gliede und den Wurzeln, welche jetzt überreich mit Salpetersäure gefüllt waren, und die von unten nach oben hin abnehmend erschien, war auch im Blattstielgelenk des auf Primordialblättern folgenden Stengelblattes eine dunkelblaue und im Blattstiel eine hellblaue Färbung eingetreten. Das zweite Stengelglied war noch nitratfrei, dagegen fanden sich im zweiten Blattstielgelenk Spuren einer hellblauen Färbung. Es war also hier nach 36 Stunden genau dieselbe Erscheinung aufgetreten, wie nach 18 Stunden im ersten Blattstielgelenk.

Nach 48 Stunden fand die Beobachtung dadurch ihren Abschluss, dass in allen Organen Salpetersäure nachzuweisen war von der kleinsten Faserwurzel bis in die Blattrippe hinein.

Resumé des vierten Abschnittes.

Die Beobachtungen führten zu dem Resultat, dass Salpetersäure den einzelnen Organen der Pflanzen successiv von unten nach oben in je nach den Pflanzenarten ungleicher Geschwindigkeit zugeführt wird.

Die Erscheinung, dass in dem Blattstielgelenk längere Zeit Salpetersäure nachgewiesen worden ist, ohne dass in dem tiefer gelegenen Stengel Nitrat aufzufinden war, ist nur dadurch zu erklären, dass im Blattstielgelenk wahrscheinlich zu Zwecken der Turgorentwickelung Salpetersäure aufgespeichert wird, während in den übrigen Organen entweder eine schnellere Verarbeitung des Nitrates, oder ein so schneller Transport desselben stattfindet, dass das Nitrat nicht nachweisbar wird. Erst wenn genügender Vorrath an organischen Stickstoffverbindungen vorhanden ist, füllt sich das Gewebe mit Nitrat im Ueberschuss und bleibt im Zellsaft gelöst.

V. Veränderungen der Salpetersäure in der Pflanze in organische Stickstoffverbindungen.

Der letzte Theil meiner Untersuchungen soll nun noch die Frage behandeln, was aus der Salpetersäure in der Pflanze wird.

Als Versuchspflanzen wählte ich Phaseolus- und Lupinenkeimlinge, an denen ich Untersuchungen anstellte, nachdem sie sich unter gewissen Bedingungen im Boden gut entwickelt hatten.

Meine Untersuchungen gingen von der EMMERLING'schen[1]) Annahme aus, dass Amidoverbindungen speziell Asparagin das Umwandlungsprodukt der Proteinstoffe sein könnte; bewiesen ist dies bislang noch keineswegs. Bevor ich auf die Ausführung der Untersuchungen eingehe, will ich auf einen Bericht BORODIN's[2]) näher eingehen. BORNDIN sagt, dass die Nachweisung des Asparagin im polarisirten Licht sehr erleichtert werde, da bei gekreuzten Nicols die hellleuchtenden und oft farbig schimmernden Asparaginkrystalle auf schwarzem Grunde erscheinen. BORODIN führt dann weiter an, der Salpeter zeigt eine gewisse Aehnlichkeit mit Asparagin, da auch er in rhomben- oder parallelogrammartigen Figuren auftritt, nur dass die stumpfen und scharfen Winkel der Parallelogramme weniger beträchtlich sind als bei den Asparaginkrystallen. Im polarisirten Licht erweisen sich all diese Krystalle den Asparaginkrystallen gegenüber gleich hellleuchtend und farbig scheinend.

Dieser Unterschied zwischen Salpeter- und Asparaginkrystallen war mir zu unzuverlässig und auch nicht genügend bewiesen, um darauf bauen zu können. Ich könnte selbst mit der grössten Sorgfalt einen Unterschied der beiden Krystallformen nicht finden, namentlich wenn dieselben in grösserer Anzahl an einander liegen, wo häufig die stumpfen und scharfen Winkel eine andere Form erhalten. Im Gegentheil bei allein liegenden Salpeterkrystallen, von denen ich mich mit Diphenylaminschwefelsäure überzeugt, dass es wirklich solche waren, fand ich recht regelmässige Krystallformen mit gut ausgeprägten Kanten und Ecken.

Weiter erwähnt BORODIN, dass, wenn ein Gemisch von Salpeter- und Asparaginkrystallen vorliegt, sie nicht nur durch ihre etwas verschiedene Form, sondern durch eine warm gesättigte Asparaginlösung unterschieden werden können, da in letzterer sich nur die Salpeterkrystalle schnell auflösen. Auch hiergegen muss ich einen Zweifel erheben. BORODIN wandte eine warme gesättigte Asparaginlösung an. Bringt man dieselbe zwischen Objektträger und Deckglas, so erkaltet sie überaus schnell, und die Lösung selbst beginnt auszukrystallisiren. Benutzt man eine konzentrirte Asparaginlösung genau von der Temperatur des betreffenden Raumes, in welchem man die Untersuchungen ausführt, so ist es mir häufiger passirt, dass, sobald dieselbe zur Anwendung kam, sich sämmtliche Krystalle darin lösten. Es ist sehr schwer, eine vollkommen gesättigte Lösung von der betreffenden Lufttemperatur herzustellen, da sich Asparagin ziemlich leicht löst. Nach BORODIN wären in dem betreffenden Schnitte also gar keine Asparaginkrystalle vorhanden gewesen, was

1) EMMERLING, Ueber Eiweisbildung in der Pflanze. Bot. Centralblatt, Jahrgang 1884, Nr. 48.

2) J. BORODIN, Bericht über Krystallbildungen in Pflanzenschnitten. Bot. Zeitung, Jahrgang 1882, Nr. 35.

ich doch sehr bezweifeln möchte. Ich kann also auch diesen Nachweis des Asparagins nicht als nachahmungswerth empfehlen.

In Anbetracht, dass eine Farbenreaktion nicht bekannt und mir auch nicht gelungen ist, eine solche zu finden, habe ich bei meinen Beobachtungen ein Verfahren eingeschlagen, was mir bei qualitativem Nachweis am zuverlässigsten erschien.

Die Pflanzenschnitte wurden mit Alkohol behandelt, um die in dem Zellsaft gelösten chemischen Verbindungen, welche in Alkohol unlöslich sind, zur Krystallisation zu bringen. Der Alkohol verdunstete schnell und Krystallbildungen der verschiedensten Art waren sichtbar. Bei dem Betupfen der Längsschnitte musste sehr vorsichtig gearbeitet werden, da Alkohol sich überraschend schnell über den Objektträger verbreitet und mit ihm die im Zellsaft gelösten Krystalle. Rathsam war es, anfangs nur einen kleinen Tropfen Alkohol zu verwenden, der etwa gerade nur von dem Präparat absorbirt wurde oder doch nur wenig sich über das Objekt hinaus verbreitete. Dann war es praktisch, das Präparat schnell mit dem Deckglas zu versehen, um schliesslich die Luftschicht zwischen Objektträger und Deckglas sehr vorsichtig mit Alkohol auszufüllen. Dieses Verfahren sollte nur verhindern, dass über das Deckglas hinaus sich Krystalle auf dem Objektträger festsetzten, was häufig im Anfange der Untersuchungen vorkam.

Die Krystallbildungen befanden sich nach dem Verdunsten des Alkohols theils in dem parenchymatischen Gewebe, theils in den Rindenschichten, theils ausserhalb des Schnittes zwischen Objektträger und Deckglas bis an den Rand des letzteren verstreut. Um nun die Salpeterkrystalle von den übrigen zu unterscheiden, wurde das Deckglas abgenommen ohne Berücksichtigung der Krystalle, welche an demselben hafteten und ein bis zwei Tropfen Diphenylaminlösung auf den Objektträger ausserhalb des Schnittes vorsichtig gefügt. Die Lösung rückte kriechend allmählich in die Nähe des Schnittes. Mit schwacher Vergrösserung konnte unter dem Mikroskop beobachtet werden, wie ein Krystall nach dem andern von der Lösung ergriffen wurde, sich auflöste und entweder eine intensive Blautärbung zurückliess oder ohne Färbung langsam verschwand. Dass in ersterem Falle Salpeterkrystalle diese Färbung veranlasst hatten, unterliegt keinem Zweifel, im zweiten Falle konnten es nur nichtnitrathaltige Krystalle sein. Parallelogramm- resp. rhombenartige Asparaginkrystalle waren auf diese Weise in grosser Anzahl nachzuweisen.

Dies Verfahren, die ziemlich gleich aussehenden Salpeter- und Asparaginkrystalle von einander zu unterscheiden, erschien mir praktischer und besser kontrollirbar als die vorher erwähnten Methoden.

1. Phaseoluskulturen.

Folgende Kulturen wurden angestellt:

1. Kulturen in Normalboden;
2. Kulturen in Normallösung;
3. Kulturen in Normallösung ohne Nitrat;
4. Kulturen in destillirtem Wasser;
5. Kulturen mit abgeschnittenen Kotyledonen in destillirtem Wasser. Die Kotyledonen wurden in verschiedenen Entwickelungsstadien abgeschnitten.

6. Kulturen mit abgeschnittenen Kotyledonen in destillirtem Wasser, d. h. die Kotyledonen wurden abgeschnitten zu einer Zeit, als die Plumula noch nicht sichtbar, vollkommen zwischen den Kotyledonen versteckt, und diese noch mit der Samenschale umgeben waren. Das Würzelchen hatte höchstens eine Länge von 3—5 *cm*.
7. Kulturen Nr. 6 in nitrathaltige Nährstofflösung überführt.

Querschnitte bei diesen Beobachtungen zu verwenden, war keineswegs empfehlenswerth. Die in den Alkoholpräparaten sichtbaren Asparagin- und Salpeterkrystalle befanden sich in der lebenden Pflanze in gelöster Form im Zellsaft und krystallisirten nach Zusatz von Alkohol aus. Ueber die zerschnittenen Zellen verbreitete sich deren Inhalt wie auch über das Präparat hinaus so schnell, dass nach Zusatz von Alkohol unmöglich nachzuweisen war, in welchen Theilen die gelöste Form der Amidoverbindungen geleitet wurde. Längsschnitte zu verwenden war deshalb rathsamer, doch durften auch diese nicht zu dünn sein. Hier ging in vielen nicht zerschnittenen Zellen die Krystallisation nach dem Einwirken des Alkohols vor sich. Selbst beim blossen Eintrocknen, ohne dass das Präparat mit Alkohol betupft wurde, krystallisirten die im Zellsaft gelösten Verbindungen aus.

1. In normalem Gartenboden gezogene Bohnen sollten lehren, in welche Organe der Pflanze die gelösten Verbindungen geleitet werden. Bei sehr vorsichtigem Behandeln der Längsschnitte gelang es, nachdem viele vergebliche Präparate angefertigt und beobachtet waren, im ganzen parenchymatischen Gewebe Krystallbildungen in unversehrten Zellen zu finden. Am besten liessen sich Präparate fertig stellen aus Pflanzentheilen, welche längere Zeit ohne Verletzung in Alkohol gelegen hatten. Interessant war es, an einem jugendlichen Keimling, welcher unverletzt einige Zeit in Alkohol gelegen hatte, mit blossen Augen die spiessartigen Krystalle, welche die Epidermis durchbrochen hatten, zu beobachten. Auf dem Boden des dazu benutzten Reagensglases waren ziemlich viel Krystalle angesammelt, welche aus dem Keimling auskrystallisirt, abgefallen waren.

Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass die Asparaginkrystalle entweder auf oder in den verschiedenen Pflanzenschnitten oder in deren unmittelbarer Nähe zu finden waren, während die Salpeterkrystalle meist bestrebt waren, bis an den Rand des Deckglases hinzukriechen. Diese nebenbei erwähnte Beobachtung soll keineswegs so ausgelegt werden, dass Krystalle in und auf dem Präparat stets aus Asparagin bestehen, es findet sich auch dort Salpeter und ebenso am Deckglasrande Asparagin vereinzelt.

2. Bei Bohnen, die in Wasserkulturen in Normalnitratlösung gewachsen waren, fanden sich die gleichen Krystallbildungen in den Wurzeln, in dem hypocotylen Gliede und selbst vereinzelt in den Kotyledonen, wie bei Pflanzen, welche von normalem Standort stammten.

3. Kulturen, in Normallösung ohne Nitrat gezogen, lieferten Präparate, in denen vereinzelte und viel kleinere Krystalle von regelmässiger Form deutlich sichtbar waren.

Diese Präparate zeigten die Krystallbildungen in den gleichen Organen wie die der vorher erwähnten Pflanzenkulturen. Viele Präparate aber waren vollkommen frei von Krystallen. Die Form derselben, wo solche gesehen wurden, war rhomben- und parallelogrammartig, hin und wieder an den Ecken ein wenig abgestumpft, namentlich, was seltener beobachtet wurde, wenn mehrere

Krystalle zusammen lagerten. Mit Diphenylaminlösung war eine Reaktion nicht zu erhalten, was vorauszusehen, da die Pflanzen kein Nitrat zur Nahrung erhalten hatten.

So hatte sich herausgestellt, dass Kulturen, in Nährstofflösung ohne Nitrat gewachsen, Amidoverbindungen speziell Asparagin in ihren Präparaten ebenfalls aufzuweisen hatten. Es musste also ein anderes Verfahren eingeschlagen werden, um Kulturen zu erhalten, deren Präparate frei von Krystallbildungen waren.

4. Ein Versuch, Bohnenkulturen in reinem destillirtem Wasser ohne jede Nahrung zu ziehen, gelang ohne weitere Schwierigkeit. Das Wachsthum der kleinen Pflanzen ging freilich sehr langsam von statten, doch entwickelten sie sich über die Primordialblätter hinaus bis zu den zweiten Stengelblättern. Hier trat ein Stillstand ein; voraussichtlich waren die Reservestoffe der Kotyledonen aufgebraucht und die Vegetation ging langsamer als vorher vor sich. Untersucht wurden Präparate aus Kulturen in den verschiedensten Vegetationsstadien. Aus diesen Beobachtungen ging hervor, dass Präparate aus den Stengeltheilen meist keine Krystalle enthielten; anders verhielten sich Präparate des hypokotylen Gliedes. Hier waren häufiger theils vereinzelt, theils zu mehreren vereint, Krystalle sichtbar, doch fanden sich auch viele Präparate ohne Krystallbildung. Auch in einem Kotyledonenpräparat waren Krystalle deutlich am Rande des Schnittes in rhombenartiger Form zu sehen. Häufiger als in diesen ziemlich weit entwickelten Pflanzen war Asparagin zu finden in jüngeren Exemplaren, welche wenig über das hypokotyle Glied hinaus gewachsen waren. In einigen Präparaten fanden sich sehr viele Krystalle, in anderen weniger und schliesslich in wieder anderen gar keine.

Jedenfalls war hierdurch klar, dass auf diese Weise keine Pflanzen gezogen werden konnten, welche frei von Amidoverbindungen waren.

Das Auffinden dieser Krystalle, deren Form sicher auf Asparagin schliessen liess, kann nur so gedeutet werden, dass die Reserve-Proteinstoffe, welche in den trockenen reifen Samen aufgespeichert sind, sich bei Zutritt von Wasser umsetzen und bei der Entwickelung der Wurzel oder des Sprosses dorthin als Asparagin geleitet werden.

So hatte sich herausgestellt, dass Kulturen mit Kotyledonen, aus denen die jungen Pflanzen ihre Nahrung erhalten, in ihrem Zellsafte auch Asparagin führen. Ich versuchte deshalb Kulturen heranzuziehen, denen später oder früher die Kotyledonen abgeschnitten wurden.

5. In destillirtem Wasser gezogene Pflanzen, welche bereits über die Primordialblätter hinaus das erste Stengelglied und die ersten Blätter entwickelt hatten, wurden die Kotyledonen abgeschnitten. Ein Stillstand in der Vegetation trat nicht ein, die zweiten Blätter bildeten sich ganz normal aus, und obwohl die Pflanze nichts als destillirtes Wasser zur Nahrung hatte, war eine wesentliche Veränderung an derselben nach 8 Tagen nicht sichtbar. Präparate lieferten den Beweis, dass sich auch hier Krystallbildung in allen Organen theils rhomben-, theils parallelogrammartig vereinzelt fanden. Allerdings war ein grosser Theil von Präparaten auch frei von Krystallen. Ein Nichtvorhandensein oder ein Nichtwiedererscheinen derselben war also auf diesem Wege auch nicht erzielt worden. Es handelte sich nun darum, ob den Kulturen auch in früheren Stadien die Kotyledonen unbeschadet der Entwicklungsfähigkeit abgeschnitten werden konnten, ohne ihnen auf andere Weise Nährstoff zuzuführen. Zunächst

wurde dies Verfahren eingeschlagen zu einer Zeit, als über die Primordialblätter die ersten Stengelblätter sich wenig entwickelt hatten. Ein Stillstand in der Vegetation trat erst ein, als das zweite Stengelgelenk sich völlig ausgebildet hatte. Zu dieser Zeit wurden Präparate angefertigt, welche zu erkennen gaben, dass auch jetzt noch vereinzelt Krystalle zu finden waren. Es musste also mit der Entfernung der Kotyledonen auf noch frühere Stadien zurückgegriffen werden. Bei dem nächsten Versuch waren die Primordialblätter in dem ersten Entwickelungsstadium, die Wurzeln 15 *cm* lang. Trotz der fehlenden Nahrung trat eine Beeinflussung in dem Wachsthum erst auf, als die ersten Stengelblätter gut entwickelt waren und die zweiten eine Grösse von 3 *cm* erreicht hatten. Absichtlich liess ich das Untersuchungsobjekt einige Tage sich weiter entwickeln, bis ein Welkwerden der Blätter eintrat. Im hypokotylen Gliede fand ich von 10 Präparaten in zweien einige Krystalle, welche auf Asparagin schliessen liessen. Dieses Resultat erhielt ich auch bei Präparaten aus Kulturen, denen ich gar noch früher die Kotyledonen genommen hatte.

6. Da nun all diese Beobachtungen gelehrt hatten, dass ein vollkommenes Ausbleiben der Krystallbildung bei Behandlung der Längsschnitte mit Alkohol nicht eintrat, blieb nur eine Möglichkeit übrig, die Kotyledonen abzuschneiden zu versuchen, bevor der Spross überhaupt das Tageslicht erblickt, und die Kotyledonen noch zum Theil mit der Samenschale umgeben waren. Nährstoff sollte den jungen Wurzeln in Gestalt von Normalnährstofflösung ohne Nitrat zugeführt werden, sobald eine Gefahr des Eingehens sichtbar wurde, um auf diese Weise die Reservenährstoffe der Kotyledonen zu ersetzen.

Bei den günstigsten Versuchsobjekten hatte das Würzelchen eine Länge von 7 *cm* erreicht, die Plumula war noch zwischen den Kotyledonen versteckt und diese noch mit der Samenschale umgeben. Damit die jungen Pflänzchen nach dem Abschneiden der Kotyledonen nicht sofort der trocknen Luft ausgesetzt waren, was ein zu schnelles Eingehen derselben befürchten liess, wurde eine grosse Glasglocke über das die kleinen Bohnenkeimlinge bergende Gefäss gestülpt. Dieselben verhielten sich in den ersten Wochen im destillirten Wasser recht dürftig; man merkte ihnen sehr ihren Nährstoffhunger an. Bald verloren einige von ihnen ihre Primordialblättchen und gingen ein, ein Zeichen, dass sie ohne Nahrung nicht mehr weiter leben konnten. Das destillirte Wasser wurde deshalb, um die noch gesunden Pflänzchen zu erhalten, durch stickstofffreie Nährstofflösung ersetzt. Eine Weiterentwicklung der jungen Kulturen konnte in der ersten Woche nicht festgestellt werden, doch war zu bemerken, dass sie sich zunächst hielten, dann erholten und schon in der zweiten Woche mit Hülfe des ihnen gereichten Nährstoffes in ihrer Entwicklung langsam Fortschritte machten. Kümmerlich und dürftig sahen sie freilich während ihrer ganzen Existenz aus, und die Entwickelung sollte auch nicht von langer Dauer sein; schon nach einigen Wochen war ein Weiterwachsen nicht mehr festzustellen. Bemerkt sei noch, dass die übergestülpte Glasglocke in der vierten Woche entfernt wurde.

Die Blätter fingen an welk herabzuhängen, ein Zeichen, dass sie dem Eingehen nahe waren, und man merkte ihnen den Mangel an Stickstoffnahrung an. Es war jetzt also der Zeitpunkt eingetreten, um die Kulturen vor dem Eingehen zu bewahren, ihnen Stickstoff als Nahrung zukommen zu lassen. Die Pflanzen hatten durchschnittlich eine Grösse von 14—18 *cm* erreicht, die Wurzeln waren 8—10 *cm*, das hypokotyle Glied und der Stengel 6—8 *cm* lang.

An Blättern waren ausser den Primordialblättern, welche meist abgefallen, zwei Stengelblätter entwickelt. Mehrere hungerleidende Pflänzchen in ihrer höchsten Entwicklung ohne Nitrat wurden zur Anfertigung von Präparaten verbraucht, bevor sie mit nitrathaltiger Nährstofflösung in Berührung gekommen waren.

Die Präparate aus allen Organen waren vollkommen frei von parallelogramm- und rhombenartigen Krystallgebilden, auch in irgend einer anderen Form waren solche nicht zu finden. Es war also gelungen, Kulturen, wenn auch dürftiger Art, zu erhalten, deren Alkoholpräparate keine Krystalle aufzuweisen hatten, somit war eine Umsetzung von Proteinstoffen in den Kulturen nicht mehr nachweisbar. Bei diesen Exemplaren war es weiter interessant, sie auf Stärke und Eiweiss zu untersuchen. Bei der Prüfung auf Stärke wurde ein Verfahren eingeschlagen, welches selbst kleine Körnchen erkennen lassen musste. Querschnitte der Blätter wurden mit Alkohol ausgezogen, um das Chlorophyll möglichst zu entfernen, die Schnitte mit Kalilauge behandelt, welche durch Aufquellen der eventuell vorhandenen Stärke ein deutlicheres Hervortreten derselben ermöglichen sollte. Die noch anhaftende Kalilauge wurde durch Abspülen mit destillirtem Wasser entfernt und, um spätere Jodkalibildung zu vermeiden, mit verdünnter Essigsäure behandelt. Nach nochmaligem Abspülen mit destillirtem Wasser wurden die Schnitte in frisch bereitete Jodjodkaliumlösung gelegt. Bei fast allen Präparaten war ein Nachweis von Stärke weder in den Mesophyllzellen noch in den Schliesszellen der Spaltöffnungen, wo transitorische Stärke sich am längsten zu erhalten pflegt, möglich. Später fand ich in weiter entwickelten Pflanzen Assimilationsstärke speziell in den Kulturen, welche in nitrathaltiger Nährstofflösung weiter wachsen konnten. Eiweiss hingegen war noch in allen Organen nachzuweisen.

Von den noch vorhandenen Kulturen wurden mehrere mit nitrathaltiger Nährstofflösung gespeist.

7. In der ersten Woche trat eine sichtbare Veränderung in der Pflanze nicht ein, in der zweiten entwickelte sich das zweite Stengelglied mit seinen Blättern, die lange Zeit ebenfalls einen dürftigen Eindruck machten. Ich benutzte diese Zeit, um die einzelnen Organe auf eventuelle Krystallbildungen zu untersuchen. In Präparaten der oberen Wurzel und des hypocotylen Gliedes fielen deutlich rhomben- und parallelogrammartig geformte Krystalle auf, und zwar trat diese Bildung fast in allen Präparaten auf. Sie konnte nur aus Salpeter bestehen, oder die Krystalle konnten ein Umwandlungsprodukt der Salpetersäure, welche durch die Wurzeln zugeführt war, sein.

Die sehr kleinen Krystalle befanden sich meist dicht in der Nähe der Längsschnitte, auch in resp. auf dem parenchymatischen Gewebe vereinzelt. Um nun zu erfahren, wie sich die Krystalle dem Reagens gegenüber verhalten würden, wurde in der vorher erwähnten Weise verfahren. Bei dem Abnehmen der Deckgläser blieben die Präparate fast unverletzt. Die allmählich weiter kriechende Diphenylaminlösung löste nach und nach die vorhandenen Krystalle auf, theils unter Blaufärbung, theils farblos. Diese Beobachtung war nur bis zu dem Augenblick zuverlässig, wo die Lösung an den Längsschnitt herantrat. Sobald dieser von der Flüssigkeit ergriffen war, verbreitete sie sich ungeheuer schnell über das Präparat und hinterliess stets eine blaue Lösung, so dass von einer weiteren Kontrolle abgesehen werden musste. Bei den Krystallen, welche ausserhalb des Schnittes lagen, konnte ich ganz deutlich die farblose, langsame Auflösung einiger rhomben- und parallelogrammartigen Krystalle sehen, von

denen ich annahm, dass es Asparaginkrystalle sein mussten, welche als Umwandlungsprodukt durch Einwirkung der Salpetersäure auf Proteinstoffe entstanden waren.

Die noch vorhandenen Kulturen wurden längere Zeit in der nitrathaltigen Nährstofflösung belassen, um sie schliesslich zur gleichen Untersuchung verwenden zu können. Nach 14tägiger Speisung mit nitrathaltiger Nährstofflösung fand ich in Alkoholpräparaten die gleiche Krystallbildung, wie bereits oben angeführt ist, und bei Präparaten von Exemplaren, welche längere Zeit in stickstoffhaltiger Nährlösung belassen, war eine grössere Anzahl von schön ausgebildeten Krystallformen, welche eine Blaufärbung mit dem Reagens nicht gaben, festzustellen. Stärke fand sich im hypocotylen Gliede wenig. Dagegen war Eiweiss und Zucker, wenn auch nicht in so grossen Mengen, wie in normal gewachsenen Pflanzen, deutlich aufzufinden.

Es ist also mit Gewissheit anzunehmen, dass bei den unter Nr. 7 aufgeführten Bohnenexemplaren, nachdem ihre Reserveproteinstoffe zum Aufbau der dürftigen Organe verbraucht und ihnen neuer Stickstoff durch die Wurzeln in Gestalt von nitrathaltiger Nährstofflösung zugeführt worden, die gereichte Salpetersäure sich in Amidoverbindungen speziell Asparagin umgewandelt hat, offenbar unter Mitverarbeitung kohlenstoffhaltigen organischen Materials.

2. Lupinenkulturen.

Die Versuche zerfielen in folgende einzelne Kulturen:

1. Pflanzen mit Kotyledonen als Wasserkulturen.
2. Pflanzen mit Kotyledonen in ausgeglühtem weissen Sand mit destillirtem Wasser begossen.
3. Pflanzen, denen die Kotyledonen genommen waren, in ausgeglühtem Sand mit destillirtem Wasser begossen.
4. Pflanzen wie Nr. 3 mit nitratfreier Nährstofflösung begossen.
5. Pflanzen wie Nr. 3 mit nitrathaltiger Nährstofflösung begossen.

1. Die angetriebenen Lupinenkeimlinge wurden in destillirtem Wasser zur Weiterentwickelung mit grosser Vorsicht, wie es auch bei den Phaseoluskeimlingen der Fall war, zu entwickeln versucht, ohne dass die Kotyledonen entfernt waren: Das Resultat war ein negatives, an ein Weiterwachsen konnte in keinem Falle gedacht werden; schon nach 2 Tagen starben die ersten von den Kulturen ab, und nach 8 Tagen waren nur noch wenige der vorhanden gewesenen 20 Kulturen am Leben; auch diese waren im Absterben begriffen.

So erging es mit allen Wasserkulturen. Weder in nitratfreier noch in nitrathaltiger Nährstofflösung gelang es, Exemplare zu erhalten, welche sich entwickelten und als Untersuchungsobjekte brauchbar waren.

2. In Folge der übrigens schon bekannten Thatsache, dass Lupinen überhaupt nicht als Wasserkulturen zu verwenden sind, erschien es rathsam in Anbetracht, dass Lupinen in freier Natur auf Sandboden sehr gut gedeihen, angetriebene Keimlinge in ausgeglühten weissen Sand zu übertragen. In demselben entwickelten sich die jungen Pflänzchen fast normal, obwohl sie nur mit destillirtem Wasser begossen wurden. Die ersten Pflänzchen, welche untersucht wurden, hatten eine Grösse von etwa 10—12 *cm*. Die Kotyledonen sassen noch fest am Stengel und hatten eine grüne Farbe angenommen. Die

ersten Blätter hatten sich im Verhältniss zur Grösse des Pflänzchens gut entwickelt. In den Alkoholpräparaten dieser Kulturen fand ich, gerade wie bei Bohnenkulturen, denen die Kotyledonen nicht abgeschnitten waren, Krystallbildungen, welche nur auf Amidoverbindungen schliessen liessen. In der Diphenylaminschwefelsäure lösten sich die Krystalle langsam farblos auf. Im ganzen Gewebe und dicht um das Präparat herum fanden sich viele rhomben- und parallelogrammartige Gebilde. Ich hatte nicht ein Präparat ohne Krystalle. Dass von Salpeter ganz abzusehen war, will ich nur erwähnen, da die Pflänzchen keinen Stickstoff in Form von Salpetersäure erhalten hatten.

3. Dieser Erfolg veranlasste mich, den angetriebenen Keimlingen die Kotyledonen abzuschneiden, bevor dieselben in Blumentöpfe, welche mit Sand gefüllt waren, eingebettet wurden. Die kleinen Keimlinge erhielten sich einige Tage unverändert in ihrem neuen Standort und gingen dann ein.

Ich versuchte auf Grund dieser Erfahrung, den jungen Keimlingen nach Uebertragung in den Sandboden die Kotyledonen etwa 8 Tage zu lassen. Es waren in der Vegetation zu dieser Zeit Fortschritte zu bemerken: denn die Wurzeln hatten sich in den Sandboden festgesetzt und konnten aus demselben, soweit Nahrung vorhanden war, diese erhalten. Der Spross oberhalb der Bodenfläche hatte eine Grösse von etwa 2 *cm*, als die Kotyledonen mit Vorsicht abgeschnitten wurden. Aus dem Boden konnten die Wurzeln im ersten Falle nur Feuchtigkeit aufnehmen, die Kulturen wurden mit destillirtem Wasser begossen. Die Entwickelung der Pflanzen ging langsam vor sich, bis etwa nach 14 Tagen ein Stillstand eintrat und befürchtet werden musste, dass der Höhepunkt der Vegetation erreicht sei. Alkoholpräparate dieser Lupinensprösslinge liessen erkennen, dass weder in den Wurzeltheilen, noch im hypocotylen Gliede und Stengel Krystallbildungen zu finden waren. Es war daraus zu entnehmen, dass während der Zeit, wo die Pflänzchen im Besitz der Kotyledonen waren, ein Theil der Proteinstoffe, wahrscheinlich nach Umwandlung in Amidoverbindungen, dem Pflänzchen zugeführt und auch verbraucht worden, weshalb in Alkoholpräparaten Asparagin nicht mehr nachzuweisen war.

So war es gelungen, auch in der Lupine auf künstliche Weise ein Stadium am Schluss der Vegetation zu erhalten, in welchem in keinem Organe der Pflanzen Krystalle, die aus Amidoverbindungen bestanden, vorhanden waren.

4. Es war nun von Wichtigkeit, nach Feststellung dieser Thatsache junge Keimlinge zu beobachten, welche mit nitratfreier Nährstofflösung begossen und im Uebrigen gerade so behandelt wurden wie die vorher erwähnten Pflanzenkulturen.

Ich gelangte hier zu demselben Resultat, nur dass das Endstadium der Vegetation später eintrat; die Lupinen hatten sich leidlich entwickelt, als Alkoholpräparate fertiggestellt wurden. Auch in diesen fand ich keine Krystallbildung, alle Organe waren davon frei.

Dies war mir ein Beweis, dass wiederum die aus den Reserveproteinstoffen entstandenen Amidoverbindungen weiter zum Aufbau der Pflanze verbraucht waren, und der Stillstand der Vegetation gab Veranlassung, der Pflanze Stickstoff auf künstlichem Wege zukommen zu lassen.

5. Es mag nun sein, dass ich den unter 4 angeführten Pflanzen zu spät nitrathaltige Nährstofflösung zukommen liess. Die Pflanzen gingen ein und es mussten neue Kulturen gezogen werden. Ich zog es vor, die kleinen Pflanzen nach Entfernung der Kotyledonen sofort mit nitrathaltiger Nährstofflösung zu

begiessen. Die Pflanzen entwickelten sich leidlich und konnten als Versuchsobjekte sehr gut gebraucht werden. Die Alkoholpräparate von Kulturen, die eine Grösse von 12—15 *cm* hatten, zeigten im Längsschnitt und in dessen unmittelbarer Nähe rhomben- und parallelogrammartige Gebilde. In anderen Präparaten fanden sich Krystalle bis an den Rand des Deckglases. In früher angeführter Weise entfernte ich sehr vorsichtig das Deckglas und beobachtete das Verhalten der Krystalle, wenn dieselben mit Diphenylaminlösung in Berührung kamen. Es stellte sich heraus, dass einige, namentlich solche Krystalle sich sofort blau färbten, welche am Deckglasrande sich festgesetzt hatten, dagegen andere schöner ausgebildete Rhomben sich farblos auflösten. Ich glaube hieraus den Schluss ziehen zu können, dass in Folge der nitrathaltigen Nährstofflösung, welche den Lupinenkulturen durch ihre Wurzel zugeführt wurde, in der Pflanze die Bildung von Amidoverbindungen zu Stande kam.

Resumé des fünften Abschnittes.

In Pflanzen, welche aus ihren Kotyledonen Reservestoffe zum Aufbau ihrer Organe erhalten, setzen sich die Proteinstoffe theilweis in Amidoverbindungen speziell Asparagin um, auch wenn die Pflanze in destillirtem Wasser wachsen resp. nur mit demselben begossen werden und ihre Nahrung allein aus den Reservestoffen der Kotyledonen erhalten.

Die Kulturen, denen sehr zeitig die Kotyledonen genommen sind, entwickeln sich unter gewissen Bedingungen in destillirtem Wasser resp. in nitratfreier Nährstofflösung langsam und dürftig. In ihrem weiteren Entwicklungsstadium ist Asparagin nicht mehr aufzufinden. Dasselbe findet sich aber wieder, sobald die Kulturen unter denselben Bedingungen nitrathaltige Nährstofflösung erhalten. Dies liefert den Beweis, dass die in der Nährstofflösung enthaltene Salpetersäure der Pflanze als Stickstoffnahrung dient und bei ihrer Assimilation zunächst in Amidoverbindungen speziell Asparagin umgesetzt wird unter Mitverarbeitung kohlenstoffhaltigen Materials.

Die vorstehende Arbeit wurde im pflanzenphysiologischen Institut der Königlichen Landwirthschaftlichen Hochschule zu Berlin auf Anregung des Herrn Professor Dr. A. B. FRANK zur Ausführung gebracht. Es war für mich von grossem Werth, einige Erfahrungen und Untersuchungen meines hochverehrten Lehrers, des Herrn Professor Dr. FRANK, benutzen zu können, womit mir die Grundlage zu meiner Arbeit gegeben war.

So ist es mir denn auch eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer für die werthvolle Unterstützung, mit welcher er mir in der liebenswürdigsten Weise zur Seite gestanden, meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.